

# 平成29年度 放射線安全規制戦略的推進事業費 —事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の 開発に関する研究—

平成30年2月26日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

安全研究・防災支援部門 安全研究センター

リスク評価研究ディビジョン 放射線安全・防災研究グループ



(主任研究者) 谷村 嘉彦

原子力事故等緊急時に、各避難所、指揮所等に設置できる  
 $\gamma$ 線エネルギー分析方式の可搬型甲状腺モニタシステムを開  
発し、多数の公衆及び作業者が摂取した放射性ヨウ素の放射  
能について、迅速かつ高精度な測定・評価を可能とする。

以下の3つのテーマを実施する

## ①甲状腺モニタ測定器の開発

→  $\gamma$ 線スペクトル測定に最適な検出器を選定し、高B.G.用遮  
蔽体を含めた測定系を開発

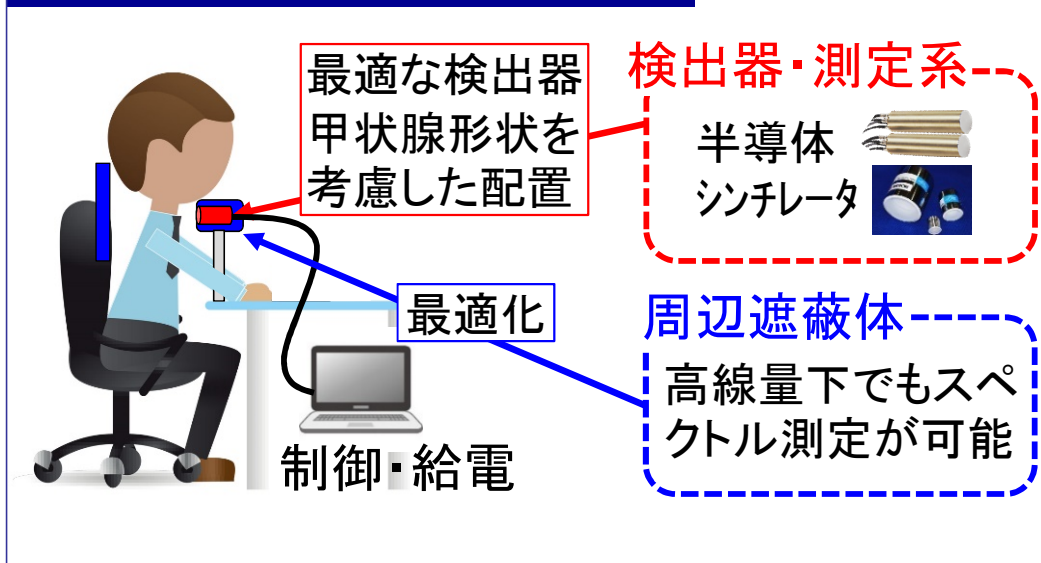
## ②高精度放射性ヨウ素定量法の開発

→ 甲状腺に蓄積した放射性ヨウ素の定量に必要な校正方法  
を開発

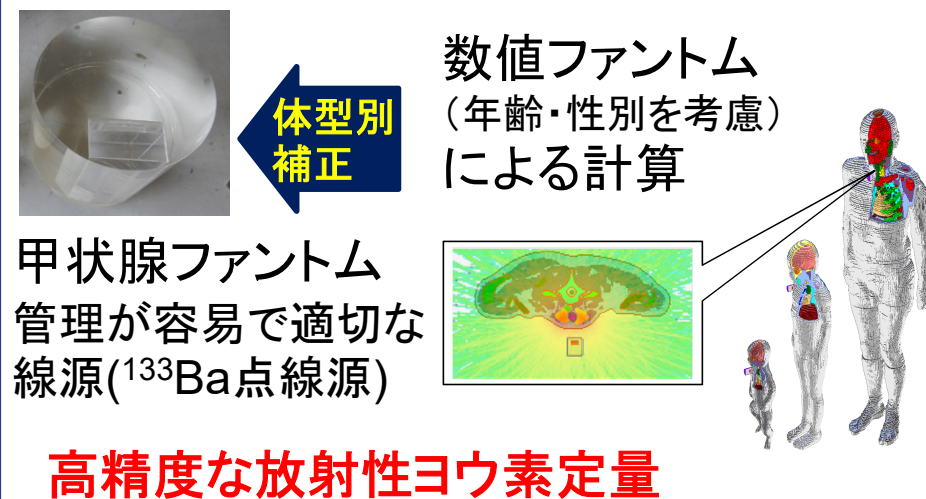
## ③甲状腺モニタシステムの開発

→ 検出器固定治具を製作するとともに試作したシステムの使  
用マニュアルを整備する

## ① 甲状腺モニタ測定器の開発



## ② 高精度放射性ヨウ素定量法の開発



## ③ 甲状腺モニタシステムの開発

検出器固定用治具の開発  
・体型に応じて検出器と甲状腺の位置関係を正確  
に決定できる治具を開発する。



測定器の取扱説明書を  
作成する

迅速・高精度甲状腺モニタシステムを開発(事故時の公衆・作業者の放射線防護に貢献)

## 甲状腺モニタシステムの目標性能・仕様

項目	目標	備考
B.G.線量率 (使用上限値)	数十 $\mu$ Sv/h 以上	
測定時間	5分/人 以内	
評価可能人数	150人/日 以上	1システム当たり
評価下限値	1 kBq 以下	摂取3~5日後に測定
電源	ノートPC等のバッテリーで数時間以上動作可能	測定系及び線量評価ソフトを含む

# 【研究の概要】 研究計画



項目	平成29年度	平成30年度	平成31年度
甲状腺モニタ測定器の開発	<p>検出器の試験・選定</p> <p>遮蔽体材質・形状の最適化</p>	<p>測定器の試作性能評価</p>	<p>実機の製作</p>
高精度放射性ヨウ素定量法の開発	<p>年齢別頸部ファントムの製作</p>	<p>頸部及び数値ファントムによる定量法の開発</p>	
甲状腺モニタシステムの開発		<p>標準化用治具の設計</p>	<p>標準化用治具の製作</p> <p>マニュアル作成</p>

検出器及び遮蔽の選定

試作機の完成

頸部ファントムの製作

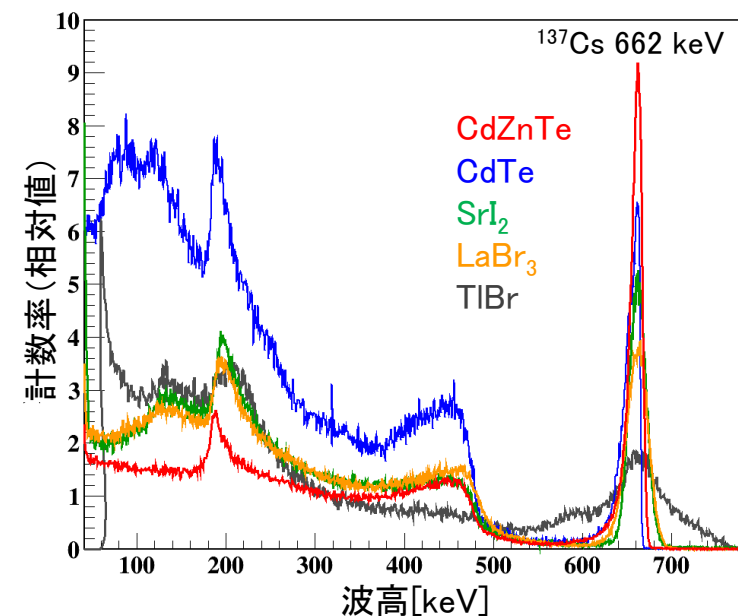
定量法の完成

システム完成

## ○検出器の試験・選定

検出器	CdZnTe	CdTe	LaBr <sub>3</sub>	SrI <sub>2</sub>	TlBr
有感部体積	1.5cm <sup>3</sup>	0.1cm <sup>3</sup>	1cm <sup>3</sup>	1cm <sup>3</sup>	0.3cm <sup>3</sup>
エネルギー分解能*	2.2%	2.8%	3.3%	3.2%	10.4%
備考	高分解能、高価	高分解能、安価	大型化が可能、安価	大型化が可能、安価	原子番号高品質に課題

\*Cs-137線源からの662keV γ線 で評価



・分解能が優れるCdZnTe及び大型化が容易なLaBr<sub>3</sub>、SrI<sub>2</sub>が有望

### 用途に応じて最適な検出器を選択

#### ○指揮所等に設置する作業用システム

多数の核種が混在、高線量率環境下

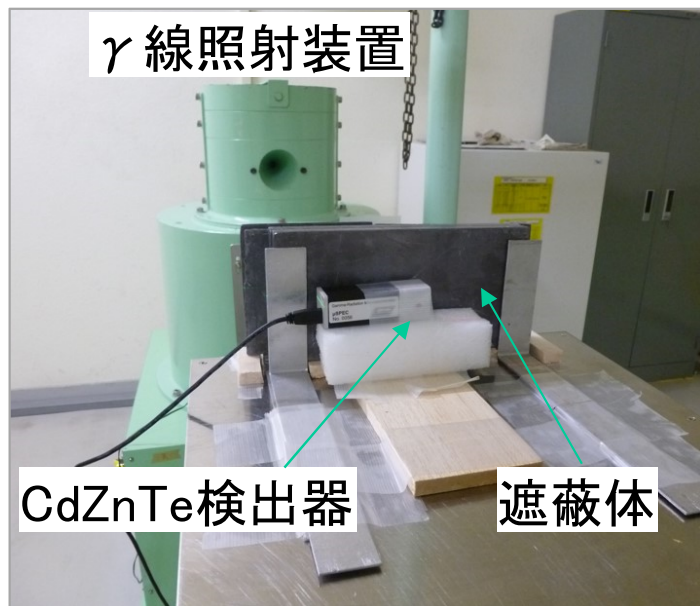
⇒ エネルギー分解能に優れるCdZnTe検出器

#### ○避難所等に設置する公衆用システム

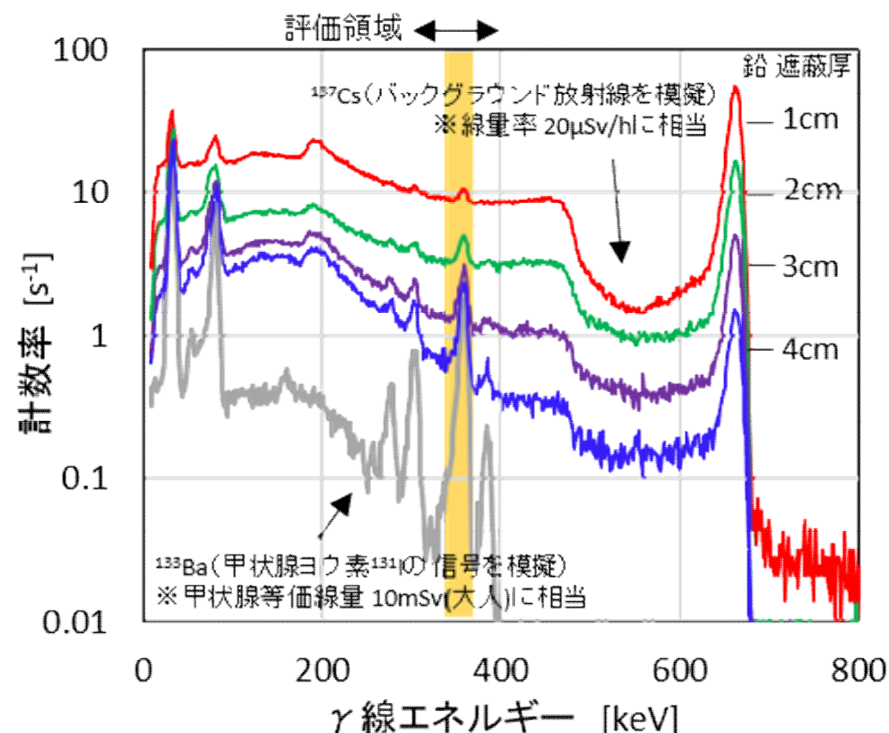
幼児等を考慮した短時間測定、より低い評価下限値

⇒ 大型化による感度向上が可能なLaBr<sub>3</sub>、SrI<sub>2</sub>検出器(1インチ立方)

## ○遮蔽体材質・形状の最適化



Cs-137  $\gamma$ 線標準校正場において、遮蔽体の種類及び厚さを変化させて遮蔽効果を確認



高線量率下における鉛遮蔽体を用いたCdZnTe検出器波高スペクトルの測定結果  
I-131 (364keV  $\gamma$ 線)を模擬して、Ba-133線源 (356keV  $\gamma$ 線)を同時設置

- 鉛遮蔽体: 2.5cm程度の厚さで高線量率下 ( $20 \mu\text{Sv/h}$ )において甲状腺に蓄積したI-131について1kBqの測定下限値を達成可能
- より遮蔽効果が高いタングステン合金について試験・評価を実施中



## ○年齢別頸部ファントムの製作

取扱が容易なBa-133点線源(密封、規制対象外)と頸部ファントムを用いた校正法の開発に必要な、年齢別頸部ファントムを製作

- 甲状腺内に均一分布するI-131と等価な計数効率を与える代表点を求め、そこに点線源を配置

➡ 簡便かつ正確な校正を実現



乳幼児用 小児用 成人用

製作した頸部ファントム

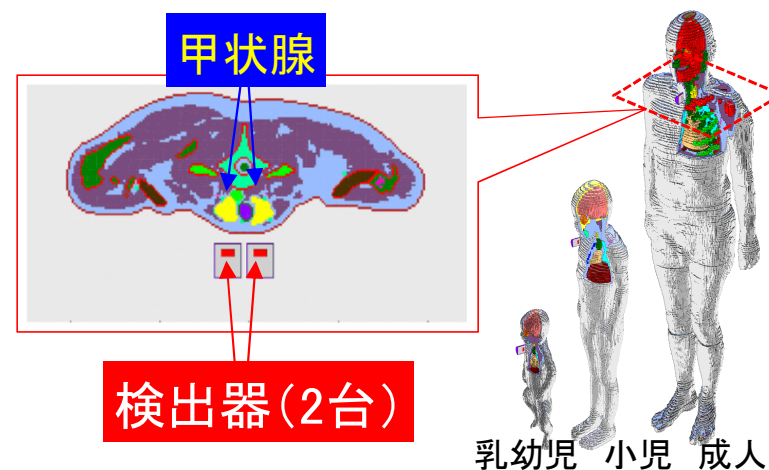
## ○頸部及び数値ファントムによる定量法の開発

甲状腺形状を考慮して検出器(2台)を配置

数値ファントムを用いて、小児及び乳幼児で計数効率と同程度となる検出器の配置を決定



- 検出感度の向上(測定時間の短縮、評価下限の引き下げ)
- 体格及び甲状腺位置のずれが検出効率に与える影響を低減(測定精度の向上)



乳幼児 小児 成人



## (1) 進捗状況(平成29年度)

### ① 甲状腺モニタ測定器の開発

- 甲状腺モニタで使用する検出器を選定
- 遮蔽体の性能評価を実施し最適な材質・厚さを選定

### ② 高精度放射性ヨウ素定量法の開発

- 数値ファントムを用いた検出器応答(配置)の評価
- 年齢別頸部ファントムを製作

⇒自己評価として、概ね計画どおりに進捗

## (2) 成果の公表

- 特許(平成30年2月6日出願)
- 日本原子力学会 2018年春の年会にて口頭発表(3件)
  - 谷村 他:エネルギー分析型甲状腺放射性ヨウ素モニタの開発 (1)全体概要
  - 西野 他:エネルギー分析型甲状腺放射性ヨウ素モニタの開発 (2)検出器及び遮蔽体の最適化
  - 吉富 他:エネルギー分析型甲状腺放射性ヨウ素モニタの開発 (3)頸部ファントム及び定量法の開発

当初の計画どおり以下の研究テーマを実施予定

## ① 甲状腺モニタ測定器の開発

- 材質及び厚さを最適化した遮蔽体の設計・試作
- 公衆用及び作業者用の2種類の検出器を試作
- 検出器制御用ソフトウェアを開発



公衆用及び作業者用の甲状腺モニタ試作機の完成

## ② 高精度放射性ヨウ素定量法の開発

- 性別、年齢、体格等の相違を反映させるための補正方法を開発  
⇒簡易頸部ファントムを用いた校正結果に適用

## ③ 甲状腺モニタシステムの開発

- 測定条件を標準化するための検出器固定治具を設計

- AOCRP-5 (5月20日～23日)で成果公表(予稿2件提出済)  
「Characteristics of spectrometer and shield for thyroid dose monitoring system in high dose rate environment」  
「A new method to evaluate radioiodine activity in thyroid by the gamma spectroscopy measurements using a simplified physical phantom incorporated with numerical simulations」
- 5<sup>th</sup>European IRPA Congress (6月4日～8日)で成果公表(予稿提出済)  
「Conceptual design of thyroid dose monitoring system using gamma-ray spectrometers」
- 原子力学会で進捗を報告